

PRESENCE DE DIPHENYLPOLYCHLORES CHEZ CERTAINS POISSONS DE L'ATLANTIQUE ET DE LA MEDITERRANEE

par Claude ALZIEU

— Les composés organohalogénés sont réputés pour leur stabilité qui a pour conséquence leur rétention dans les tissus des organismes vivants lorsque ceux-ci se retrouvent dans un milieu contenant de tels composés. C'est pourquoi l'éventualité d'une accumulation dans la faune marine fait l'objet, depuis de nombreuses années, d'une surveillance attentive. Les pesticides les plus fréquemment décelés chez de très nombreuses espèces, même en des lieux très éloignés de toute activité agricole sont : le DDT, l'aldrine, la dieldrine et le lindane, produits essentiellement utilisés en agriculture au moins pendant les quinze dernières années. Dans certains cas, très limités il est vrai, les quantités accumulées par les poissons ont pu entraîner des intoxications massives chez les populations d'oiseaux pisciphages des côtes européennes. —

La prise de conscience des dangers que faisaient courir les résidus organochlorés en particulier aux animaux supérieurs, a conduit les autorités responsables à limiter la dissémination de certains pesticides. A l'heure actuelle en France, seul le lindane est largement employé pour le traitement des sols, des semences ou des arbres fruitiers. L'aldrine et la dieldrine sont totalement interdites par l'arrêté du 2 octobre 1972 alors que le DDT reste autorisé seulement pour le traitement de la pyrale du maïs jusqu'en mai 1976. Ces matières actives ont été remplacées par des substances biodégradables et non accumulables. Parfois même, des procédés de lutte biologique, qui ne présentent pas les inconvénients des insecticides organochlorés, ont été substitués aux traitements par produits chimiques.

Mais la présence d'une nouvelle classe de composés dans les tissus animaux a été soupçonnée pour la première fois en 1966. Ces substances, qui depuis ont été identifiées comme étant des résidus de diphénylpolychlorés ou triphénylpolychlorés, sont fabriquées pour des usages industriels très divers. Les diphénylpolychlorés regroupent un grand nombre de produits et d'isomères allant des diphénylmonochlorés aux diphényldécachlorés. Tous ces composés sont d'autant moins solubles dans l'eau que le nombre d'atomes de chlore fixés sur leur molécule est élevé. D'après HUTZINGER et Coll. (1974), les limites de solubilité dans l'eau seraient comprises entre 5,9 et 0,007 mg/l respectivement pour le 2, monochlorodiphényl et le 2,2', 3,3', 4,4', 5,5' octachlorodiphényl.

Les produits commerciaux sont des mélanges de molécules ayant des degrés de chloration variés, caractérisés par leur teneur en chlore qui habituellement varie entre 30 et 65 %. Leur remarquable stabilité aux agents chimiques et à la lumière justifie leur emploi généralisé, soit en

système clos comme fluide diélectrique ou caloporteur, soit en milieu ouvert comme retardateur de flamme, plastifiant des peintures, ou additif des papiers spéciaux.

La présence de diphénylpolychlorés dans les tissus d'animaux marins a eu tendance à se généraliser au cours des dernières années. Divers auteurs, dont MONOD et Coll. (1971), DE LAPPE et Coll. (1972) et SOLER (1972) ont décelé des résidus de PCB dans les sardines *Sardina pilchardus*, les moules *Mytilus edulis*, et les chiens de mer *Squalus acanthias* prélevés sur les côtes françaises et espagnoles de la Méditerranée et de l'Atlantique. Mais la contamination de la faune paraît être très généralisée puisque CONTE DE BARROS (1975) a montré que les muscles d'*Aphanopus carbo*, poisson carnivore vivant par 1 800 mètres de fond au large de Madère, en contenaient en moyenne 0,016 mg/kg.

Ceci n'a pas manqué de préoccuper les services responsables de la protection du milieu, mais les diphénylpolychlorés ne peuvent être complètement prohibés en raison de l'absence de produits de remplacement. Ils font donc seulement l'objet de restrictions d'emploi tant au niveau national que communautaire. C'est ainsi que, à la suite d'un accord entre l'administration française et les fabricants, les formulations susceptibles d'être disséminées dans le milieu ont été retirées de la vente depuis le 1^{er} janvier 1973 et celles utilisées en cycle fermé sont soumises à un contrôle strict. Ces dispositions ont entraîné une diminution notable de la consommation française en diphénylpolychlorés : selon les statistiques de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (1) elle serait passée de 5386 tonnes en 1973 à 2816 en 1974.

Ces mesures devraient se traduire à plus ou moins long terme par une diminution des résidus dans la faune marine. Il nous a donc paru intéressant de connaître les teneurs actuelles des insecticides organohalogénés et des diphénylpolychlorés chez une dizaine d'espèces de poissons provenant des zones de pêche habituellement fréquentées par les flottilles françaises.

Méthodes.

1°) Echantillonnage.

Les prélèvements de poissons ont été effectués au cours des campagnes de pêche des navires de l'I.S.T.P.M. en Atlantique, Mer du Nord et Méditerranée. Ils ont été congelés entiers avant d'être acheminés vers le laboratoire d'analyse. Ils comprennent douze espèces appartenant à sept familles différentes. Les zones d'échantillonnage sont indiquées dans le tableau 1.

Les résidus ont été recherchés dans les muscles de chaque individu pris séparément, ainsi que dans deux foies et un estomac de thon rouge. Toutefois sur les échantillons d'anchois nous avons préparé une prise d'essai moyenne à partir d'un broyat de dix individus.

2°) Technique d'analyse.

Parmi les nombreux résidus que l'on peut rencontrer dans les tissus animaux, notre recherche s'est limitée aux composés organochlorés suivants :

- Hexachlorocyclohexane isomères α et γ (α et γ HCH)
1, 2, 3, 4, 10, 10-hexachloro, 1, 4, 4a, 5, 8, 8a — hexahydro, 1, 4 endo, exo — 5, 8-diméthanonaphthalène (aldrine)
1, 1, 1, trichloro, 2, 2-bis (p-chlorphényl) éthane (pp'DDT)
1, 1-dichloro, 2, 2-bis (p-chlorphényl) éthylène (pp'DDE)
1, 1-dichloro, 2, 2-bis (o,p-chlorphényl) éthylène (op'DDE)
1, 1-dichloro, 2, 2-bis (p-chlorphényl) éthane (pp'DDD ou TDE)
1, 1-dichloro, 2, 2-bis (o,p-chlorphényl) éthane (op'DDD)
diphénylpolychlorés : essentiellement penta et hexachlorodiphényl.

(1) Document ENV (76) 10, tableau 1, p. 35.

Extraction.

Suivant la taille des espèces, la totalité ou une partie (100 g) de la chair est broyée jusqu'à obtention d'une pâte homogène. Une partie aliquote de cette pâte est ensuite déshydratée par lyophilisation puis débarrassée de ses lipides par extraction solide-liquide dans un appareil type soxhlet. Le solvant utilisé est de l'hexane qualité « Pestipur » (SDS) ne renfermant pas de substances orga-

Espèces	Zones de pêche	Dates de pêche	Taille — poids
Clupéidés.			
Anchois <i>Engraulis encrasicolus</i>	Atlantique Sud Oléron	8.10.1975	éch. moyen sur 10 individus
Sardine <i>Sardina pilchardus</i> (1)	Méditerranée Stes-Maries	.08.1975	3 à 4 ans — 36 à 76 g — 15 à 18 cm
(2)	Atlantique Pointe du Croisic à l'île d'Yeu	4.10.1975	4 à 5 ans — 90 à 170 g — 19 à 23 cm
Hareng <i>Clupea harengus</i>	Atlantique W Banc Canso (Nouvelle Ecosse)	27.04.1975	29 à 35 cm — 300 à 400 g
Merlucidés.			
Merlan <i>Merlangus merlangus</i> (1)	Mer du Nord W-DOGER Bank	.06.1975	41 cm — 453 g
(2)	Atlantique — Pointe du Croisic	7.10.1975	
Merlu <i>Merluccius merluccius</i>	Manche Nord	14.11.1975	poids moyen 54 g
Gadidés.			
Morue <i>Gadus morhua</i>	Mer du Nord W-DOGER Bank	.06.1975	52 cm — 1510 g
Scombridés.			
Maquereau <i>Scomber scombrus</i>	Atlantique	2.07.1975	
Triglidés.			
Grondin <i>Aspitrigla cuculus</i>	Atlantique	2.07.1975	
Pleuronectidés.			
Limande <i>Limanda limanda</i>	Mer du Nord W-DOGER Bank	.06.1975	33 cm — 330 g
Thonidés.			
Germon <i>Thunnus alalunga</i>	Atlantique SE Açores		
Patudo <i>Thunnus obesus</i>	Atlantique SE Açores		
Thon rouge <i>Thunnus thynnus</i>	Méditerranée	.03.1973	145 kg — 165 kg — ♀

TABL. 1. — Espèces échantillonnées et zones de prélèvement.

nochlorées décelables par chromatographie en phase gazeuse à capture d'électrons après une concentration de 50 fois. L'extraction en continu est maintenue pendant huit heures à l'aide d'un volume de 70 ml d'hexane dans le ballon récepteur. Dans certains cas, et en particulier pour les chairs de poissons gras, il est souhaitable de procéder à une préextraction à froid. Après évaporation du solvant, la teneur en lipides de la prise d'essai est déterminée par pesée.

Purification.

Le résidu lipidique est ensuite dissous dans 10 ml d'hexane et les graisses sont séparées par précipitation avec 1 ml d'acide sulfurique concentré et centrifugation pendant 5 mn à 1500 t/mn, suivant la technique de MURPHY (1972). Cette opération est répétée autant de fois que nécessaire et ne modifie pas de façon appréciable la teneur de l'extrait en diphénylpolychlorés, lindane, DDT et ses dérivés, aldrine, alors que la dieldrine, non recherchée, est en grande partie détruite.

Chromatographie de partage.

Afin de supprimer les interférences en chromatographie en phase gazeuse entre les diphénylpolychlorés et les résidus du groupe du DDT, 1 ml d'extrait purifié est soumis à une chromatographie de partage suivant la technique de HOLDEN et MARSDEN (1969). Les constituants de l'extrait concentré sont séparés sur gel de silice de granulométrie comprise entre 70 et 230 mesh ASTM (Merck n° 7754). Le gel de silice lavé avec de l'eau distillée chaude puis de l'éther sulfurique est activé par étuvage à 120 °C pendant 20 heures, puis partiellement désactivé par addition de 5 % d'eau distillée. Les colonnes en verre « pyrex » de diamètre intérieur 7 mm sont remplies avec 3 g de gel de silice fraîchement préparé. L'élution s'effectue d'abord par 12 ml d'hexane dont on ne recueille seulement que la partie comprise entre 2 et 12 ml (fraction A) qui renferme la totalité des diphénylpolychlorés et de l'aldrine, 91 % du pp'DDE et 50 % de l'op'DDE. Le DDT, le DDD, le lindane et le restant du DDE sont rassemblés dans une seconde fraction éluante (B) contenant 8 ml d'hexane et 2 ml d'éther éthylique qualité « Pestipur ».

Identification et quantification.

Les constituants des fractions A et B sont dilués ou concentrés à des teneurs permettant aisément leur détection et leur dosage en chromatographie en phase gazeuse. La séparation s'effectue sur une colonne de verre de diamètre intérieur 4 mm et 1,50 m de long remplie de chromosorb WHP, AW, DMCS 80-90 mesh imprégné à 3 % de silicone OV1 préalablement conditionnée à 275 °C pendant 24 heures et stabilisée à 190 °C sous 80 ml/mn d'azote. L'azote « U » est utilisé à la fois comme gaz vecteur et purge du détecteur avec des débits respectifs de 40 et 60 ml/mn. Le détecteur à capture d'électrons est muni d'une source de ⁶³Ni de 10 mCi et alimenté en courant continu sous une tension de 20 V. Les températures du four, de l'injecteur et du détecteur sont respectivement de 199, 206 et 290 °C. Dans ces conditions les temps de rétention, par rapport à l'aldrine, des résidus recherchés sont les suivants :

α HCH	0,46	γ HCH	0,54	op'DDE	1,44
pp'DDE	1,67	op'DDD	1,75	pp'DDD	2,10
pp'DDT	2,71				
DP5	0,90 — 1,25 — 1,44 — 1,67 — 1,76 — 2,08 — 2,40 — 2,78 — 3,20				
DP6	2,08 — 2,40 — 2,78 — 3,20 — 3,78 — 4,32 — 5,05 — 5,33.				

Les quantifications sont effectuées à partir de solutions étalon « nanogen » (Regis) et « pestanal » (Riedel de Haen) et pour les diphénylpolychlorés de Phénoclor DP5 et DP6 dont les caractéristiques données par le fabricant sont les suivantes :

Viscosité à 54 °C	DP5	DP6
(° Engler)	6	23
Tension de vapeur (mmHg)	10 à 190 °C	10 à 220 °C
Indice de réfraction n _D ²⁵	1,637	1,637
Masse volumique à 90 °C	1,477	1,567

Les surfaces totales des pics ayant des temps de rétention de 1,76 à 2,78 et 2,08 à 4,32 par rapport à celui de l'aldrine sont utilisées respectivement pour l'étalonnage du DP5 et du DP6.

Les figures 1, 2 et 3 représentent les chromatogrammes obtenus avec 10^{-10} g de DP5 dans l'hexane et les fractions A et B des extraits lipidiques d'un muscle de hareng et d'un foie de thon rouge. Les seuils de détection exprimés en $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair sont de l'ordre 0,2 à 2, respectivement pour le pp'DDE et le DDD.

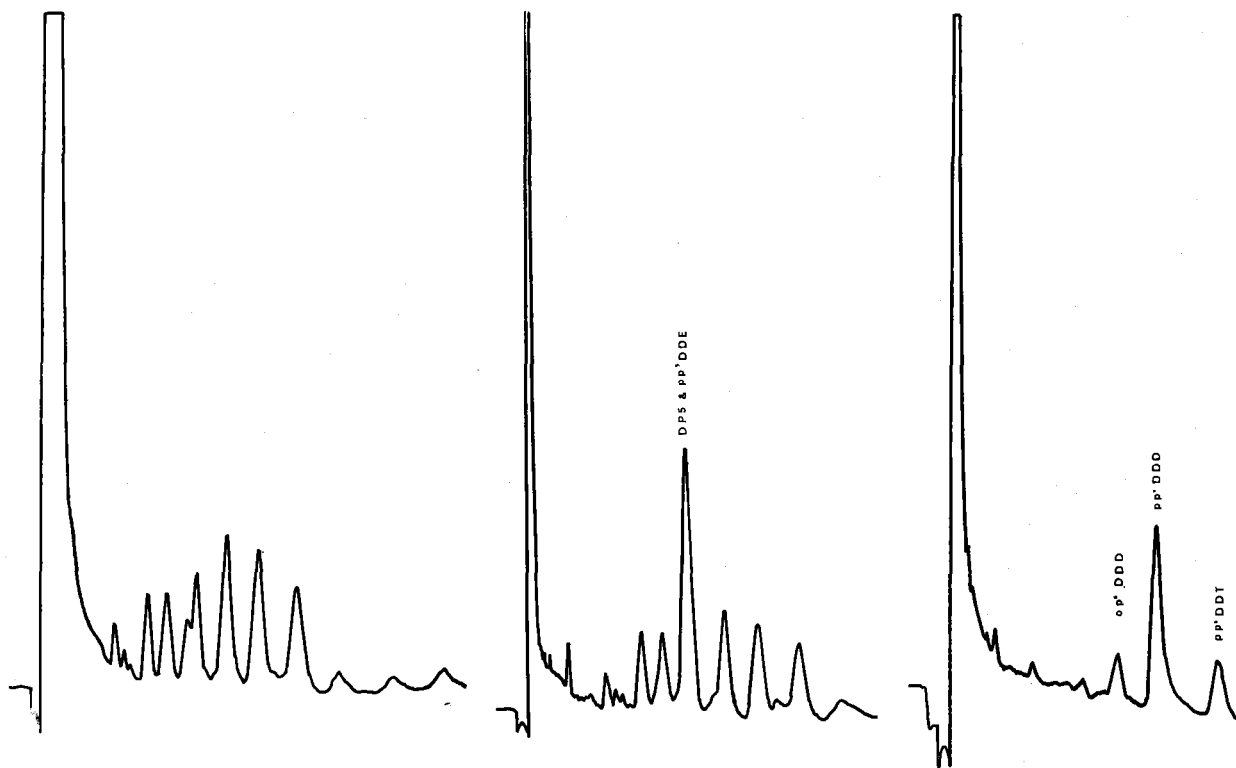


FIG. 1 à 3. — Chromatogrammes, à gauche : de Phénochlor DP₅ (100 pg), au centre : d'une fraction A (10 ml hexane) de hareng (volume injecté 1,3 μl), à droite : d'une fraction B de foie de thon rouge (volume injecté 3 μl).

Résultats et interprétation.

Les concentrations moyennes maximales et minimales des résidus dosés dans les échantillons de poisson sont indiquées dans le tableau 2. L'examen de l'ensemble de ces résultats montre que les diphénylpolychlorés sont présents dans la totalité des échantillons et que les résidus de pp'DDT, pp'DDE et DDD, op'DDE apparaissent respectivement dans 80, 79 et 12 % des cas. Parmi les autres produits recherchés ce sont surtout les isomères α et γ de l'hexachlorocyclohexane (52 et 48 %) qui sont les plus fréquemment rencontrés avec l'aldrine (41 %). Tous ces composés organochlorés atteignent dans les muscles de poisson des niveaux de concentration très différents les uns des autres. Les valeurs les plus élevées que nous ayons rencontrées sont à attribuer par ordre décroissant, aux diphénylpolychlorés, au pp'DDE, au pp'DDT et au pp'DDD avec respectivement 1052, 210, 198 et 197 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair. Les autres substances sont nettement moins fréquentes puisqu'elles n'ont jamais été décelées à des concentrations supérieures à 40 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Les diphénylpolychlorés.

Leurs teneurs se répartissent dans une gamme de concentration très large, comprise entre 30 et 1052 $\mu\text{g}/\text{kg}$, cependant 70 % des résultats sont en dessous de 150 $\mu\text{g}/\text{kg}$. La figure 4 représente le classement des teneurs en fonction d'un intervalle arbitraire de 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ et montre que le niveau de concentration le plus fréquent est compris entre 50 et 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Espèces	Nbre indiv. analysés	Lipides %	α HCH	γ HCH	Aldrine	pp'DDT	pp'DDE	op'DDE	pp'DDD	op'DDD	DP5	Σ DDT / DP5
Anchois	10	5,0	—	4	20	55	9	20	11	—	224	0,42
Sardine	(1) 25	8,9 7,2 à 11,3	7 3 à 15	4 2 à 7	—	96 34 à 198	77 6 à 160	—	96 36 à 197	—	127 51 à 309	2,12
Sardine	(2) 32	9,18 4,5 à 14,7	3 1 à 6	7 < 0,4 à 16	4 1 à 21	46 12 à 169	34 2 à 210	19 < 2 à 39	32 5 à 86	—	216 38 à 1052	0,61
Hareng	6	6,6 1,9 à 9,0	—	9 4 à 13	5 4 à 6	76 56 à 108	71 51 à 97	20 < 2 à 27	31 < 2 à 45	—	326 199 à 640	0,61
Merlan	(1) 3	0,28 0,07 à 0,58	0,6 0,4 à 0,9	0,5 0,3 à 0,6	—	—	3 1,7 à 3,7	—	—	—	66 37 à 97	—
Merlan	(2) 1	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	276	—
Merlu	3	0,87 0,7 à 1,2	—	5 1 à 13	—	120 49 à 163	28 9 à 40	31 < 2 à 31	45 14 à 63	—	89 53 à 155	2,52
Morue	2	0,30 0,35	0,6 0,5	0,5 0,6	—	3	3,8	—	1,7	—	43 57	—
Maquereau	2	1,50 0,80	—	—	—	—	—	—	—	—	55 42	—
Grondin	2	3,90 1,30	—	—	—	—	—	—	—	—	244 65	—
Limande	6	0,45 0,2 à 0,73	0,8 0,3 à 1,2	0,4 0,3 à 0,7	—	5 < 1,7 à 5	6 3 à 11	5 < 3 à 5	3 < 0,8 à 3	—	58 30 à 95	0,32
Germon	1	1,0	—	—	3	16	4	10	8	—	40	0,95
Patudo	1	1,0	—	2	6	13	2	—	—	—	55	0,38
Thon rouge	145 kg muscle foie	1,4 34	—	—	— < 1,5	115 1530	71 1718	— < 3	35 924	3 148	407 8598	0,55 0,50
Thon rouge	165 kg muscle foie estomac	0,4 11,0 8,0	—	—	— < 1,5 < 0,4	13 119 47	15 531 193	— < 3 < 1	12 441 290	1 75 63	95 1526 592	0,43 0,76 1,00

Si l'on examine les concentrations moyennes rapportées à chaque espèce, ce sont les clupéidés et plus particulièrement les harengs en provenance de la côte canadienne de l'Atlantique qui paraissent les plus contaminés avec 326 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ces valeurs sont en accord avec celles citées par ZITKO (1971) sur des échantillons de hareng provenant des baies de Fundy, Chedabucto et de Nouvelle Ecosse, où les teneurs varient de 190 à 730 $\mu\text{g}/\text{kg}$ autour d'une moyenne estimée à 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Ce niveau de contamination se retrouve également dans la mer Baltique où JENSEN et Coll. (1972) ont rencontré de 150 à 1500 μg de diphénylpolychlorés par kilogramme de chair. De même HAGEL et TUINSTRA (1972) signalent des concentrations de 525 $\mu\text{g}/\text{kg}$ chez des individus pêchés sur la côte

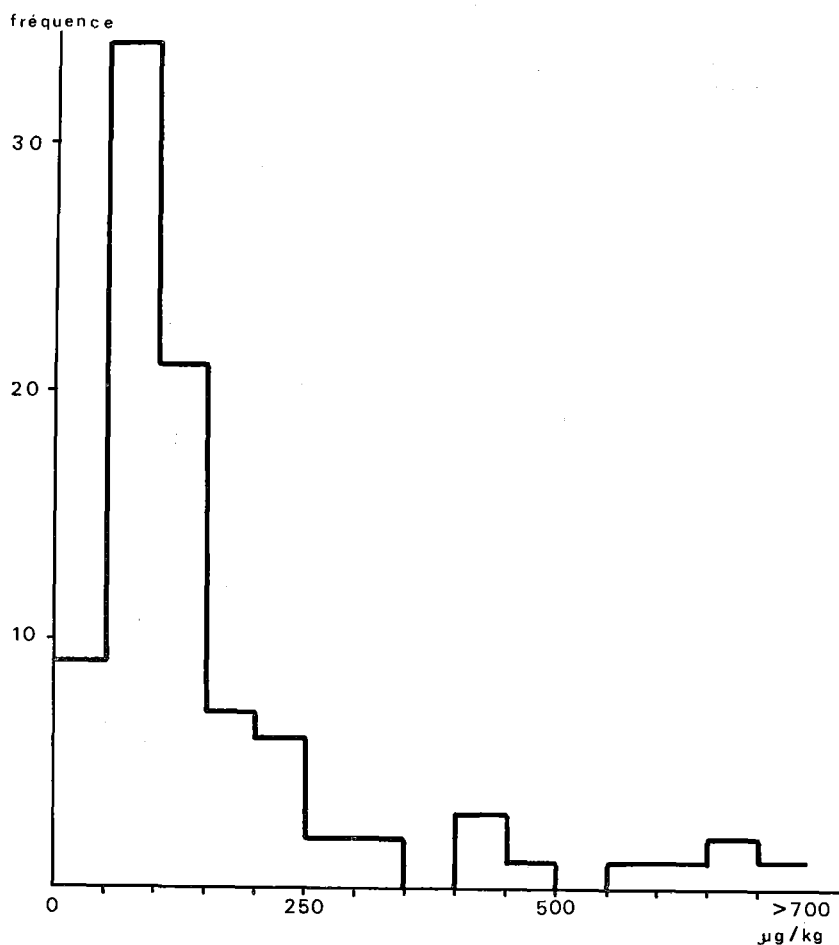


FIG. 4. — Fréquence de répartition des teneurs en DP_5 en fonction d'un intervalle arbitraire de 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

hollandaise de la Mer du Nord. Par contre PORTMAN et PRESTON (1975) indiquent des valeurs légèrement inférieures chez les populations du sud de la Mer du Nord où les teneurs extrêmes sont de 100 à 250 $\mu\text{g}/\text{kg}$ alors que la moyenne est de 163 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

En ce qui concerne les sardines et les anchois, peu de résultats permettant des comparaisons sont actuellement publiés. Toutefois MONOD et Coll. (1971) ont trouvé des teneurs moyennes très élevées (3000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair) sur un lot de 15 individus pêchés dans la baie de Marseille. Au cours d'une étude comparative, SOLER (1972) indique que la contamination est environ dix fois plus élevée sur les côtes espagnoles de la Méditerranée qu'en Atlantique sur la côte cantabrique : les teneurs moyennes étant respectivement de 3645 et 276 $\mu\text{g}/\text{kg}$ de chair.

Pour les autres espèces analysées les niveaux sont nettement inférieurs à ceux des clupéidés et peu différenciés en fonction des familles auxquelles elles appartiennent. Cependant, les analyses effectuées sur les deux foies de thon rouge de Méditerranée révèlent des teneurs très élevées qui sont de 16 à 21 fois supérieures à celles décelées dans les muscles correspondants.

Le DDT et ses métabolites.

Pour les isomères pp' du DDT, du DDE et du DDD la majorité des valeurs sont inférieures à 60 µg/kg comme le montrent les figures 5, 6 et 7 qui représentent la fréquence des teneurs selon un intervalle arbitraire de 30 µg/kg. Sur l'ensemble des résultats, les niveaux les plus élevés sont rencontrés chez les clupéidés où les concentrations moyennes calculées sur les trois espèces analysées sont respectivement pour le DDT, le DDE et le DDD de 68, 48 et 42 µg/kg, avec des intervalles de variation compris entre 12 à 198, 2 à 210 et 2 à 197. Si l'on considère par espèce la

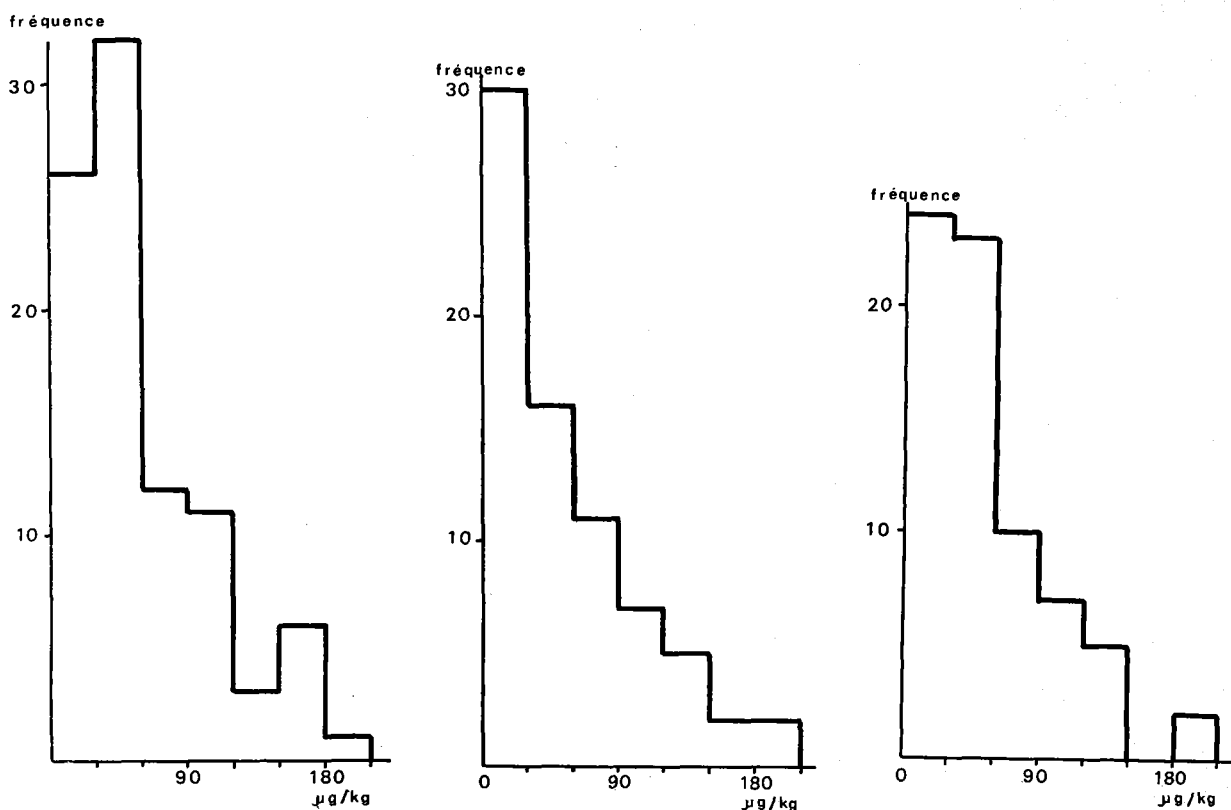


FIG. 5 à 7. — Fréquences de répartition des teneurs en pp' DDT (à gauche), en pp' DDE (au centre), en pp' DDD (à droite) en fonction d'un intervalle arbitraire de 30 µg/kg.

contamination totale par le pp' DDT, le pp' DDE et le pp' DDD, ce sont les sardines pêchées en Méditerranée qui avec 269 µg/kg de chair sont les plus riches en résidus. Se classent ensuite par ordre décroissant, les harengs, les sardines de l'Atlantique et enfin les anchois avec respectivement 178, 112 et 75 µg/kg. Les teneurs que nous avons relevées sur les sardines pêchées en Méditerranée et Atlantique sont très nettement supérieures aux traces (maximum 7 à 5 µg/kg) indiquées par SOLER (1972). Par contre MONOD et Coll. (1971) ont décelé dans les sardines de la baie de Marseille environ quatre fois plus de DDT total (DDT + DDE + DDD) que n'en renferment nos échantillons provenant du littoral des Saintes-Maries-de-la-Mer. Cette même différence qui se retrouve en comparant le rapport $\frac{\text{DDT total}}{\text{PCB}}$, montre bien que le niveau de contamination par les

résidus organochlorés est plus élevé dans ce secteur de la Méditerranée. Quant aux autres espèces, mis à part les trois échantillons de merlu, les teneurs décelées peuvent être considérées comme très faibles. Cette constatation est à rapprocher, en ce qui concerne plus particulièrement la morue, de celle faite par BJERK (1973), qui a trouvé sur des individus pêchés dans des fjords norvégiens à proximité de zones agricoles traitées au DDT, des teneurs comprises entre 5 et 23 μg de DDT total par kg de muscle.

L'hexachlorocyclohexane et l'aldrine.

Les concentrations très faibles d' α , γ HCH et d'aldrine décelées en particulier chez les clupéidés ne doivent pas être considérées comme significatives d'un niveau de contamination. Ces teneurs confirment d'ailleurs celles citées par SOLER (1972) pour certaines populations de sardines.

Conclusions.

De l'ensemble de nos résultats, il ressort que les résidus de diphénylpolychlorés sont très largement répandus dans la faune marine à des teneurs généralement supérieures à celles du DDT

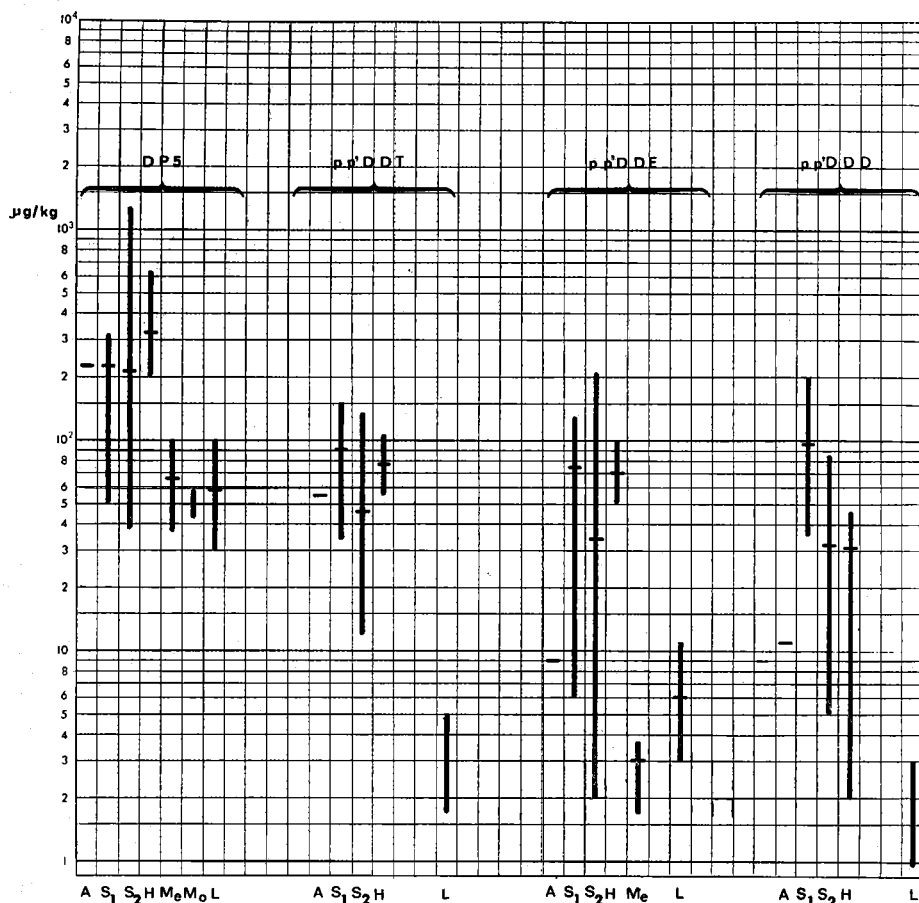


FIG. 8. — Répartition, suivant une échelle logarithmique, des teneurs en organochlorés autour de la valeur moyenne pour : les anchois (A), les sardines (S¹ et S²), les harengs (H), les merlans (Me), les morues (Mo) et les limandes (L.).

et de ses dérivés. Il convient également de remarquer que le niveau de présence est surtout élevé chez les espèces à forte teneur en lipides comme les clupéidés. La figure 8 qui schématise suivant

une échelle logarithmique la répartition des résultats autour de la valeur moyenne, montre que pour une même population les variations les plus importantes sont enregistrées sur les sardines, alors que pour les harengs les teneurs en diphénylpolychlorés, DDT et DDE paraissent plus homogènes. Cette disparité peut s'expliquer par l'éthologie différente de ces deux espèces. En effet, les harengs qui ont tendance à séjourner peu de temps à proximité des côtes sont moins exposés aux micropolluants que les sardines qui fréquentent plus volontiers des zones de salinité intermédiaire (20 ‰). Ceci tend à démontrer que les niveaux de contamination par les composés organochlorés sont en relation étroite avec la proximité de zones industrielles ou à forte densité de population.

Les relations existant entre les concentrations résiduelles chez les poissons et les effets consécutifs sur les écosystèmes marins sont mal connues et difficiles à établir. Cependant, certaines observations épidémiologiques permettent de penser que lorsque la contamination des poissons est voisine de 1000 µg/kg, les quantités accumulées par leurs prédateurs, oiseaux et mammifères essentiellement, peuvent atteindre à court terme des doses létales. Nos résultats montrent qu'à cet égard, et sans tenir compte des synergies possibles avec les résidus de DDT et DDE, la concentration moyenne de l'espèce la plus contaminée est seulement le tiers de cette teneur limite. Ceci laisse supposer que des effets sur les écosystèmes ne sont pas à écarter d'autant plus que l'accumulation de doses, sublétales pour le poisson lui-même, peut avoir des effets directs sur la reproduction de son espèce en diminuant par exemple le taux d'éclosion si les teneurs présentes dans les œufs sont trop élevées.

En ce qui concerne les risques pour le consommateur final, l'homme, on s'accorde généralement à penser que les diphénylpolychlorés sont modérément toxiques ; les effets à long terme se traduisant par un accroissement du taux de cholestérol. On cite même le cas d'un vieillard américain dont les tissus lipidiques en renfermaient 100 mg/kg (in « la pollution par les composés organochlorés »). Ceci a conduit certaines administrations à proposer des tolérances limites dans les poissons comprises entre 0,5 et 5 mg/kg suivant l'importance des produits de la pêche dans l'alimentation de leurs pays respectifs. Si l'on s'en réfère à ces normes on peut remarquer que seulement 5 % des échantillons que nous avons analysés présentent des valeurs supérieures à la limite la plus sévère. Cependant, si la santé du consommateur français ne semble pas devoir être mise en danger par les niveaux de résidus en diphénylpolychlorés présents dans la faune marine, il convient toutefois de poursuivre leur surveillance, en particulier chez les clupéidés, pour vérifier les effets attendus d'une utilisation restreinte de ces composés.

BIBLIOGRAPHIE

- ANONYME, 1974. — Monographies scientifiques sur les polluants chimiques : la pollution par les composés organochlorés. — La documentation française, Paris, 144 pages.
- BJERK (J.-E.), 1973. — Residues of DDT in cod from Norwegian fjords. — *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.*, **9** (2), p. 89-97.
- CONTE DE BARROS (M.), 1975. — Bioaccumulation of organochlorine compounds in benthos (*Aphanopus carbo*) from Madeira Island. — Oslo Convention Executive Commission, Funchal meeting 13-16 may 1975.
- DE LAPPE (B.-W.), RISEBROUGH (R.-W.), MENDOLA (J.-T.), BOWES (G.-W.) et MONOD (J.-L.), 1972. — Distribution of polychlorinated biphenyls on the Mediterranean coast of France. — Journées d'étude sur les pollutions marines, CIESM, Athènes 3-4 novembre 1972, p. 43-45.
- FOUGERAS-LAVERGNOLLE (J.), 1971. — Recherche des pesticides organochlorés dans les milieux littoraux. — *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.*, **35** (3), p. 367-371.

- HAGEL (P.) et TUINSTRAL (L.G.M.), 1972. — Chlorinated aromatic hydrocarbon content of fishes, mussels and shrimps in the North Sea. — Netherlands Institute for Fisheries Investigation, Report 2 nd series, 95 E.
- HOLDEN (A.-V.) et MARSDEN (K.), 1969. — Single-stage clean-up of animal tissue extracts for organochlorine residue analysis. — *J. chromatogr.*, **44**, p. 481-492.
- HUNTZIGER (O.), SAFE (S.) et ZITKO (V.), 1974. — The chemistry of PCB's. — CRC Press, Cleveland Ohio.
- JENSEN (S.), JOHNELS (A.-G.), OLSSON (M.) et OTTERLIND (G.), 1971. — DDT and PCB in herring and cod from the Baltic, the Kattegat and the Skagerrak. — *Ambio special Report*, **1**, p. 71-85.
- MONOD (J.-L.), RAYBAUD (H.), VENOT (C.) et CARRARA (G.), 1971. — Identification et dosage des polychlorobiphényles (PCB) et des métabolites du DDT chez la sardine *Sardina pilchardus L.* — *Bull. Soc. Pharm. (Marseille)*, **20**, p. 155-160.
- MURPHY (P.-G.), 1972. — Sulfuric acid for the clean-up of animal tissues for analysis of acid-stable chlorinated hydrocarbons residues. — *J.A.O.A.C.*, **55** (6), p. 1360-1362.
- PORTMAN (J.-E.) et PRESTON (A.), 1975. — Preliminary results of ICES coordinated Monitoring Programme in the North Sea. — ICES, Fisheries Improvement Committee, CM 1975/E: 21.
- SOLER (F.), 1972. — Pesticides organochlorés et PCB dans trois espèces marines sur le littoral espagnol. — Journées d'étude sur les pollutions marines, CIESM Athènes 3-4 novembre 1972, p. 55-57.
- ZITKO (V.), 1971. — Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in some freshwater and marine fishes. — *Bull. Environ. Contamin. Toxicol.* **6** (5), p. 464-470.
-